

УДК 681.525:681.586

Ю.В. Лобур, студент гр. ПБ-72мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОДУЛЬ НЕІНВАЗИВНОГО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ В СИСТЕМІ ШТУЧНОГО ПАЛЬЦЯ

Анотація. В роботі розглянуто основні види та особливості застосування зворотного зв'язку у біонічних протезних пристроях. Наведено переваги та недоліки різних схем його реалізації. Запропоновано структурну схему власного модулю неінвазійного зворотного зв'язку на базі оптичних та п'єзовібраційних сенсорів. Описано основний алгоритм його роботи та результати попереднього тестування на різних типах досліджуваних об'єктів.

Ключові слова: зворотній зв'язок, оптичний сенсор, штучні нейронні мережі.

ВСТУП

Відновлення функціональності окремих органів, що були втрачені людиною в процесі життєдіяльності є складним біомедичним завданням. Протезування біоміметичних верхніх та нижніх кінцівок [1; 2], створення систем штучного зору [3] та нюху [4] передбачає розробку комплексних пристроїв, що в загальному випадку повинні не лише проводити точний аналіз біологічного сигналу від тіла пацієнта, а і забезпечувати хоча б елементарний зворотній зв'язок з ним. При біонічному протезуванні верхніх кінцівок, а особливо при створенні штучних пальців протезу, що відповідають за здійснення тонких маніпуляцій з предметами, застосування інвазійного зворотного зв'язку з тілом пацієнта може забезпечити значне підвищення точності роботи приладу та навіть повернення окремих дотикових відчуттів травмованої кінцівки [5].

Однак, використання інвазійного зворотного зв'язку передбачає проведення хірургічного втручання в тіло пацієнта та високоточний розрахунок стимулюючих впливів на окремі нервові закінчення кінцівки, що в загальному випадку значно підвищує складність виготовлення, собівартість розробки і реалізації пристрою.

Метою цієї роботи є розробка модулю неінвазійного зворотного зв'язку, що може бути використаний при створенні біологічно керованих штучних пальців протезу верхньої кінцівки, та дозволить забезпечити проведення ідентифікації декількох типів поверхонь, з якими взаємодіють робочі фаланги пальців в процесі здійснення маніпуляцій з предметами побуту.

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ

Структура системи зворотного зв'язку (ЗЗ) біонічної кінцівки залежить від його виду (інвазійний чи неінвазійний), типу сенсорів і схеми обробки сигналу, що застосовується при цьому.

В даній роботі було запропоновано структурну схему модулю неінвазійного зворотного зв'язку на базі оптичних та п'єзовібраційних сенсорів (рисунк 1), що забезпечує визначення типу об'єкту і первинної структури його поверхні, з якою взаємодіє штучний палець. Спроекований модуль складається з двох сенсорів, схем підсилення та фільтрації сигналу, АЦП, мікроконтролеру з штучною нейронною мережею, бездротового передатчику, блоку живлення і

паралельно може підключатись до спеціально створеного програмного забезпечення на ПК.

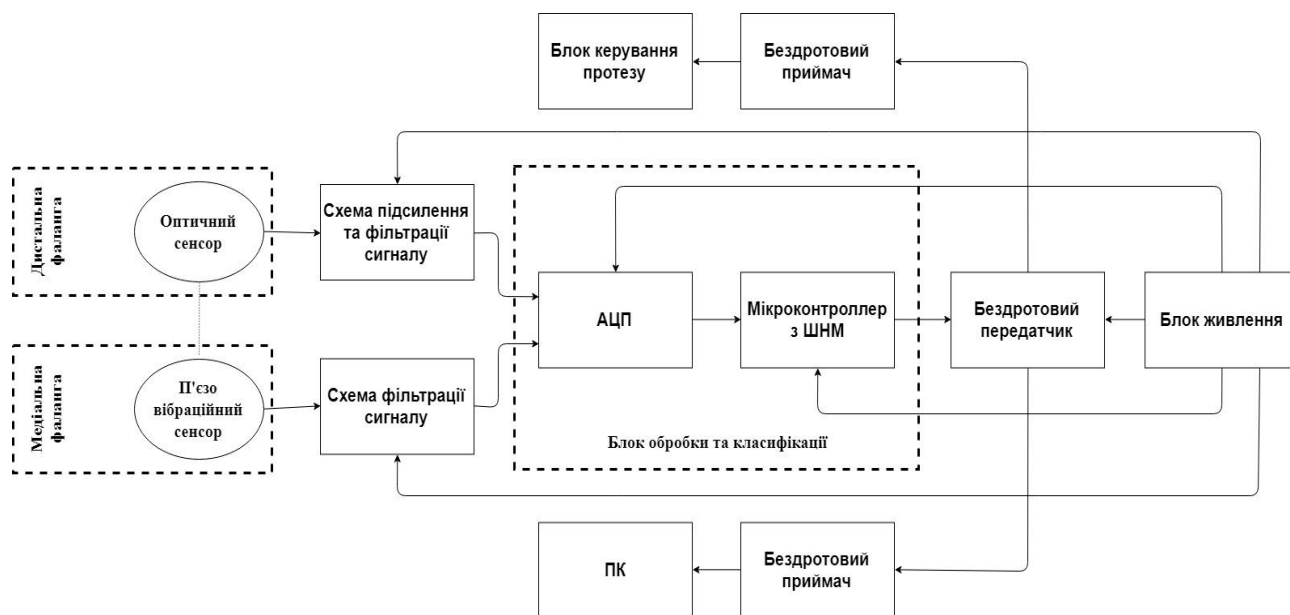


Рисунок 1. Структурна схема модулю неінвазійного зворотного зв'язку

При проектуванні модулів неінвазійного зворотного зв'язку, зазвичай використовується вимірювання сили доторку штучного пальця до поверхні об'єкту дослідження, й подальша передача відповідного по інтенсивності стимулу на здорову частину кінцівки пацієнта у вигляді вібрацій. У більшості випадків, визначення сили доторку здійснюється за допомогою FSR (force sensitive resistors) або тензо-резистивних датчиків, а для створення незначних вібрацій застосовуються малопотужні вібро-мотори розміщені у точках, де стимуляція відповідних нервових закінчень буде найбільш відчутною.

В свою чергу, модуль ЗЗ запропонований в цій роботі, не потребує вимірювання сили доторку та подальшої передачі стимулу на кінцівку пацієнта. Оптичний сенсор використаний в модулі побудований на основі опто-пари і застосовується для ідентифікації однієї із 6-ти типових категорій об'єктів. П'єзовібраційний сенсор використовується для дослідження їх форми, шляхом вигину його робочої поверхні, та є чутливим навіть до незначних вібрацій. Дані, виміряні за допомогою двох сенсорів піддаються подальшому аналізу та класифікації за допомогою аналого-цифрового перетворювача, мікроконтролеру і спеціально спроектованої штучної нейронної мережі, за принципом наведеним в статтях [6; 7]. Результати класифікації використовуються в системі керування біонічної кінцівки для підвищення точності роботи пристрою, шляхом розрахунку оптимальної сили хвату штучної кисті, відповідно до форми та жорсткості об'єктів маніпуляції.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Автором було створено модуль неінвазійного зворотного зв'язку на основі двох сенсорів, мікроконтролерного блоку аналізу сигналів та структури простої

нейронної мережі для їх класифікації. Спроекований модуль виконує аналіз вимірних даних відповідно до попередньо визначеного набору робочих поверхонь. Після чого, здійснюється передача отриманих результатів до головного блоку керування штучної кінцівкою. Окрім того, такий модуль має можливість здійснювати одночасну передачу даних по бездротовому зв'язку на спеціально спроектоване програмне забезпечення для ПК, що забезпечує можливість додаткового моніторингу коректності роботи протезу.

В рамках цього дослідження, було проведено лише попереднє тестування спроектованого модулю 33 на 6-ти типах поверхонь (метал, дерево, скло, тканина, папір, кераміка), без визначення їх форми. Оптичний сенсор розташовувався «впритул» до об'єктів вимірювання, а досліджування проводилось у денному світлі. Результати попереднього тестування показали 100% точність визначення типу об'єктів та можуть бути використані як базис, для подальшого вдосконалення модулю і проведення його повноцінного тестування із визначенням форми зразків, на більш значній кількості робочих поверхонь.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Koganezawa, K., & Ito, A. (2016). Artificial hand with stiffness adjuster. In *Intelligent Autonomous Systems 13* (pp. 1079-1093). Springer, Cham.
2. Dietrich, C., Nehrdich, S., Seifert, S., Blume, K. R., Miltner, W. H., Hofmann, G. O., & Weiss, T. (2018). Leg prosthesis with somatosensory feedback reduces phantom limb pain and increases functionality. *Frontiers in neurology*, 9.
3. Liu, H., Huang, Y., & Jiang, H. (2016). Artificial eye for scotopic vision with bioinspired all-optical photosensitivity enhancer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15), 3982-3985.
4. Fitzgerald, J. E., Bui, E. T., Simon, N. M., & Fenniri, H. (2017). Artificial nose technology: status and prospects in diagnostics. *Trends in biotechnology*, 35(1), 33-42.
5. Cheung, B., Van Erp, J. B. F., & Cholewiak, R. W. (2008). Anatomical, neurophysiological and perceptual issues of tactile perception. *Tactile displays for orientation, navigation and communication in air, sea and land environments*. Neuilly-sur-Sein Cedex (France): NATO Research and Technology Organisation, 1-18.
6. Vonsevych, K. (2017). Information-measuring system of myograph of bionic limb prosthesis. *Perspektyvni Tekhnolohii ta Prilady*, 10(1), 32-37.
7. Vonsevych, K. P., Bezuglyi, M. O., & Haponiuk, A. O. (2018). Evaluation of Electromyogram Time Characteristics of the Wrist Functional Movements for Intuitive Control of Bionic Prosthesis. *Naukovi Visti NTUU KPI*, (1), 45-53.

Наук. керівник – к.т.н., доцент, Безуглий М.О.